Deutscher Bundestag **Drucksache 19/9722**

19. Wahlperiode 25.04.2019

Antwort

der Bundesregierung

auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Mario Brandenburg (Südpfalz), Katja Suding, Nicola Beer, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP – Drucksache 19/9084 –

Optogenetik – Chancen in der Anwendung

Vorbemerkung der Fragesteller

Die Optogenetik ist ein relativ neues Fachgebiet der Genetik, das sich mit der Kontrolle der Genexpression durch Licht beschäftigt. Sie hat inzwischen viele Anwendungen, aber als Technologie steckt sie noch in den Kinderschuhen, welche unter anderem großes Potenzial für biomedizinische Anwendungen birgt (zum Beispiel https://bit.ly/2GXSyDp).

All unsere sensorischen, motorischen und vegetativen Funktionen werden von Nervenzellen gesteuert und koordiniert. In der Optogenetik handelt es sich um eine Kombination von Methoden der Optik und der Genetik, mit dem Ziel, bestimmte funktionelle Ereignisse in spezifischen Zellen oder lebenden Geweben an- (gain-of-function) oder abzuschalten (loss-of-function). Lichtempfindliche Proteine werden auf gentechnischem Wege durch Manipulation der codierten DNA (d. h. des entsprechenden Gens) verändert und anschließend in bestimmte Zielzellen bzw. -gewebe eingebracht. Unter Lichteinfluss ist es anschließend möglich, das Verhalten der in dieser Weise modifizierten Zellen zu kontrollieren. Mit der Optogenetik können folglich Nervenzellen mittels Licht gezielt an- und ausgeschaltet werden. Treibende Kraft sind dabei sogenannte Rhodopsine: Eiweißstoffe, die wie Lichtschalter funktionieren und aus dem Baukasten der Natur stammen. So nutzen beispielsweise manche Bakterien und Algen diese auf Licht reagierenden Proteine, um sich fortzubewegen und an Futterquellen zu gelangen. Neue optogenetische Werkzeuge wie hyperpolarisierende Anionenkanäle, die in Photorezeptoren, OFF-Bipolar- oder OFF-Ganglienzellen exprimiert werden könnten, sind zudem vielversprechende Entdeckungen. Ambitionierte (KI-)Projekte zielen darauf ab, das menschliche Gehirn vollständig zu simulieren. Diese versprechen nicht nur eine Revolution in den Neurowissenschaften, sondern auch grundlegende neue Erkenntnisse für die Computertechnik. Eine Kombination aus Optogenetik und KI wäre zukunftsorientiert.

Es gibt eine lange Liste möglicher Anwendungen der Optogenetik in der Medizin. Sie reicht von Hirnstimulation bei Parkinson-Patienten, die mit feinen Lichtleitern und Channelrhodopsinen präziser zu bewerkstelligen ist, über lichtgesteuerte Herzschrittmacher bis zu Implantaten für das Innenohr oder etwa die Wiederherstellung des Sehvermögens bei bestimmten Erblindungen, Netzhauterkrankungen oder die Behandlung neurologischer Störungen. Bei manchen

Die Antwort wurde namens der Bundesregierung mit Schreiben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vom 23. April 2019 übermittelt.

Die Drucksache enthält zusätzlich – in kleinerer Schrifttype – den Fragetext.

Formen der Epilepsie könnte eine hemmende Ionenpumpe die unkontrollierten elektrischen Impulse von Neuronen in der Hirnrinde unterdrücken. Optogenetik ermöglicht u. a., dass die Behandlung mit Algenrhodopsinen nicht die Entstehung der Erkrankung beeinflusst, sondern deren Endergebnis beseitigt. Eine einzige Therapie könnte daher gegen mehrere Erkrankungen eingesetzt werden. Medikamente und andere bisherige Behandlungsmethoden der Hirnstimulation greifen zu unspezifisch in das neuronale Räderwerk ein und haben daher oft unerwünschte Nebenwirkungen (beispielsweise verbrennen Elektroschocks mitunter zu große gesunde Hirnareale). Dank Optogenetik kann man gezielter vorgehen und es können nicht nur neurologische Erkrankungen wie Parkinson, Epilepsie oder Schlaganfall therapiert werden.

1. Ist der Bundesregierung Optogenetik und ihr großes Potenzial für biomedizinische Anwendungen bekannt?

   Wenn ja, welche Handlungsfelder, Strategien und Förderungsmöglichkeiten wurden bisher eröffnet, entwickelt, benannt und realisiert?

   Wenn nein, warum nicht?

Die Bundesregierung kennt die Optogenetik und ihr großes Potenzial. Deutschland hat in diesem Feld ausgewiesene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und im internationalen Vergleich eine sehr gute Ausgangsposition. Unter dem Dach der Hightech-Strategie 2025 hat die Bundesregierung Handlungsfelder und Förderungsmöglichkeiten entwickelt.

Das Forschungsfeld der Optogenetik befindet sich überwiegend noch im Bereich der Grundlagenforschung. Das Hauptanwendungsgebiet liegt derzeit in den Neurowissenschaften. Zunehmend werden aber auch therapeutisch relevante Ansätze verfolgt. Der Fokus liegt dabei auf den Themen Makuladegeneration, Parkinson, Schlaganfall und Epilepsie. Auch wenn Anzahl und Arten an neuen und verbesserten optogenetischen Werkzeugen kontinuierlich zunehmen, sind noch einige Herausforderungen im Bereich der Grundlagenforschung zu überwinden. Dazu gehören insbesondere die geringe Eindringtiefe des Lichts und die Verwendung von viralen Vektoren zur Übertragung auf menschliche Zellkulturen.

Vor dem Hintergrund des großen Potenzials fördert die Bundesregierung die Entwicklung und Anwendung optogenetischer Methoden im Rahmen verschiedener Fördermaßnahmen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Es handelt sich um Maßnahmen zu den Neurowissenschaften, der Proteomforschung, der Systembiologie, der Photonik und der individualisierten Medizin.

2. Wer ist nach Auffassung der Bundesregierung wesentlicher Akteur der Entwicklung und Förderung von Optogenetik?

Die wesentlichen Akteure der Optogenetik sind derzeit insbesondere Universitäten und Forschungseinrichtungen mit Schwerpunkten in der grundlagennahen biotechnologischen und biomedizinischen Forschung.

Ausgewiesene Persönlichkeiten im Feld sind

- Prof. Dr. Peter Hegemann, Humboldt-Universität zu Berlin
- Prof. Dr. Alexander Gottschalk, Goethe-Universität Frankfurt am Main
- Prof. Dr. Ernst Bamberg, Max-Planck-Institut für Biophysik Frankfurt
- Prof. Dr. Georg Nagel, Universität Würzburg
- Prof. Dr. Arthur Konnerth, Technische Universität München.

Im Jahr 2013 wurde der „Brain Prize“ der Grete Lundbeck European Brain Research Foundation an die Begründer der Optogenetik (u. a. Prof. Dr. Hegemann) verliehen.

Im Einzelnen wird nach Kenntnis der Bundesregierung in Forschungsvorhaben an folgenden Standorten mit den beschriebenen Schwerpunkten geforscht: Die Forschungszentrum Jülich GmbH, das Karlsruher Institut für Technologie und das Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH befassen sich mit der Beeinflussung molekularer Wechselwirkungen. Die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, die Forschungszentrum Jülich GmbH und die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen beschäftigen sich mit neuen Optosensoren und Photoregulatoren zur Licht-vermittelten Steuerung und Analyse molekularer Systeme. Die Philipps-Universität Marburg, das Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie in Potsdam-Golm und die Universität Potsdam beschäftigen sich mit der Entwicklung einer optimierten Zellfabrik, bei der die Lichtregulation die Trennung zwischen Wachstumsphase und Produktionsphase der Zellfabrik erlaubt. Das Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (IME) in Aachen zielt darauf ab, eine innovative, hochspezifische, lichtinduzierbare Technologie zur Genomeditierung mit hohem disruptiven Potenzial auf der Basis fluoreszierenden Nanopolymere zu entwickeln. An der Georg-August-Universität Göttingen werden gemeinsam mit der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Cochlea-Implantate auf optogenetischer Basis entwickelt.

3. Welche Rolle spielt die Bundesregierung bei aktuellen Pilotprojekten oder Leuchtturmvorhaben, die sich mit neuen Forschungszweigen der Optogenetik auseinandersetzen (bitte Projekte aufführen)?

Es wird auf die Antwort zu Frage 1 verwiesen. Die nachfolgend benannten, durch die Bundesregierung geförderten Projekte haben weitgehend Pilotcharakter.

Im Rahmen der multilateralen Förderbekanntmachung „ERA.Net RUS Plus“ mit Russland wurde folgendes Vorhaben zum Thema Optogenetik gefördert:

– „Identifizierung und Entwicklung neuer Moleküle für die Optogenetik, basierend auf lichtgetriebenen Ionenpumpen und lichtgesteuerten Ionenkanälen (NEWOPTOGENTOOLS)“.

Im Rahmen der Forschungsförderung unter der Nationalen Bioökonomie Strategie 2030 wurden und werden Vorhaben gefördert, die sich optogenetischer Ansätze bedienen:

– „Biotechnologie2020+ Strukturvorhaben: Helmholtz Research Network – Molecular Interaction Engineering“

– „Basistechnologien Kooperationsprojekt: Neue Optosensoren und Photoregulatoren zur Licht-vermittelten Steuerung und Analyse molekularer Systeme (OptoSys)“

– „Anwendung optogenetischer Module zur Regulation von in vivo Enzymaktivitäten für die Herstellung maßgeschneiderter Hefezellen mit optimiertem Mevalonatweg und Bioproduktion von Pflanzenwachstumshormonen der Gibberellinsäurefamilie (Melicomo)“

– „Neuartige lichtinduzierbare Genomeditierungstechnologie für Nutzpflanzen (getLIGHT)“
– „Gerichtete Genom-Editierung in Kartoffelprotoplasten mittels Laser-basierter Optoporation von CRISPR/Cas9-Nukleoproteinen (CROpto)“.

Zudem werden Projekte im Rahmen systembiologischer Forschungsansätze sowie in der Neurobiologie, der Photonik und der individualisierten Medizin gefördert.

4. Ist die Bundesregierung der Auffassung, dass Optogenetik in Deutschland in Forschung und Entwicklung hinreichend gefördert wird?

   Wenn ja, wie unterstützt sie diese?

   Wenn nein, warum nicht?

Aktivitäten der Optogenetik sind oft an Universitäten und Forschungseinrichtungen verortet. Daher wurde das Themenfeld in den Schwerpunktprogrammen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) „‚Protein-based Photoswitches’ as optogenetic tools” und „Next Generation Optogenetics: Tool Development and Application“ aufgegriffen. Das BMBF hat die Optogenetik im Rahmen seiner Fachprogramme bis heute mit insgesamt ca. 78 Mio. Euro gefördert. Im Übrigen wird auf die Antworten zu den Fragen 1 und 3 verwiesen.

5. Verleiht die Bundesregierung Forschungspreise, beispielsweise für die Entwicklung neuer Werkzeuge in der Optogenetik?

   Wenn ja, bitte nennen, und wenn nein, warum nicht?

Die Bundesregierung ist sich der Signalwirkung von Auszeichnungen und ihrer motivierenden Wirkung bewusst. Sie ist jedoch der Ansicht, dass ein Themenfeld umso deutlicher sichtbar ist, wenn es sich im wissenschaftlichen Wettbewerb durchsetzt. Eine thematische Fokussierung auf einen eigenen „Optogenetik-Preis“ scheint daher nicht zweckmäßig.

Exzellenz zeigt sich vor allem im internationalen Wettbewerb; es existieren renommierte nationale (z. B. Leibniz-Preis der DFG, Berthold-Leibinger-Zukunftspreis, Berliner Wissenschaftspreis) und internationale Auszeichnungen (z. B. Brain Prize, Wiley Prize) mit hohem Renommee, die auch von deutschen Wissenschaftlern (z. B. Prof. Dr. Peter Hegemann, Prof. Dr. Ernst Bamberg, Prof. Dr. Georg Nagel) im Bereich der Optogenetik errungen wurden.

6. Plant die Bundesregierung, die Haushaltsausgaben bezüglich der Förderung und Entwicklung von Optogenetik zu steigern?

   Wenn ja, bitte Einzelplan und Titelnummer angeben, und wenn nein, warum nicht?

Es ist derzeit keine eigenständige Fördermaßnahme zur Optogenetik geplant. Das BMBF fördert die Optogenetik entsprechend der Anwendungen im Rahmen seiner Fachprogramme. Im Übrigen wird auf die Antwort zu Frage 4 verwiesen.

7. Arbeitet die Bundesregierung zusammen mit Forschungseinrichtungen und -instituten an Strategien für die Förderung, Entwicklung und Anwendung von marktfähigen Optogenetik-Produkten?

   Wenn ja, in welcher Form, mit welchen Ergebnissen?

   Wenn nein, warum nicht?

Im Rahmen von Verbundprojekten zur Optogenetik finden sich erste Beteiligungen von Unternehmen. Durch die gemeinsame Arbeit von Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft wird zugleich der Wissens- und Technologietransfer in der Optogenetik aus der Forschung in die Anwendung sichergestellt.

8. Liegen der Bundesregierung aktuelle Zahlen vor, wie sich die Optogenetik-Forschung in Deutschland seit 2009 entwickelt hat?

   Welche Entwicklungen, schätzt die Bundesregierung aufgrund der Zahlen, wird die Optogenetik in zehn Jahren genommen haben?

Das BMBF hat die Optogenetik im Rahmen seiner Fachprogramme bis heute mit insgesamt ca. 78 Mio. Euro gefördert. Bislang wird die Methode primär in der Forschung für neue Anwendungsfelder weiterentwickelt; bis zu einer breiten wirtschaftlichen Verwertung werden noch einige Jahre vergehen.

9. Hat die Bundesregierung Kenntnis von europäischen und internationalen Projekten, die sich mit Optogenetik befassen?

   Wenn ja, arbeitet sie in diesen Projekten mit?

   Wenn nein, warum nicht?

Im Rahmen von Horizont 2020, dem Rahmenprogramm für Forschung und Innovation der Europäischen Union, gibt es keine spezifischen Ausschreibungen zur Optogenetik. Allerdings wurden bereits 81 Projekte gefördert, die sich u. a. auch mit Optogenetik beschäftigen. Mit einer Ausnahme erhalten sie Förderung aus themenoffenen Ausschreibungen der Exzellenzförderung (European Research Council, ERC; Marie-Sklodowska-Curie Actions, MSCA; sowie Future and Emerging Technologies, FET). Zudem wird ein Projekt zur Optogenetischen Proteintherapie bei Multipler Sklerose im Rahmen einer gezielten Ausschreibung zu „Biomaterials for diagnosis and treatment of demyelination disorders of the Central Nervous System“ gefördert (Förderbereich Industrielle Führerschaft-Materialforschung, LEIT-ADVMAT). In 14 der insgesamt 81 Projekte sind deutsche Einrichtungen beteiligt, in neun Fällen wird das Projekt aus Deutschland koordiniert.

Darüber hinaus wird auf europäischer Ebene in verschiedenen durch die Mitgliedstaaten koordinierten Forschungsmaßnahmen (ERA-Nets) auch das Thema Optogenetik bearbeitet. Dazu gehören transnationale Programme zur Erforschung seltener Erkrankungen und zur Erforschung von Erkrankungen des Gehirns. Auf das in der Antwort zu Frage 3 genannte Vorhaben wird hingewiesen. Die Bundesregierung arbeitet selbst nicht in solchen Projekten mit. In den genannten ERA-Nets ist das BMBF Zuwendungsgeber für die deutschen Partner. Zuwendungsempfänger sind in den oben genannten Fällen universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen.

10. Wie bewertet die Bundesregierung den europäischen und den internationalen Forschungsstand der Optogenetik im Vergleich zu Deutschland (bitte darlegen)?

Deutschland ist seit der Entdeckung der Optogenetik neben den USA eine führende Nation im Bereich der optogenetischen Forschung, nicht zuletzt aufgrund der aktiven deutschen Pioniere der Technologie. Hierzu wird auf die Antworten zu den Fragen 2 und 5 verwiesen.

11. Ist die Bundesregierung Teil von europäischen und internationalen Initiativen und Projekten, die sich entweder mit der Einführung moderner Technologien in Forschungseinrichtungen, neuer Optogenetik-Forschungszweige oder mit der Förderung von Optogenetik an sich beschäftigen?

Es wird auf die Antwort zu Frage 9 verwiesen.

12. Sind der Bundesregierung aktuelle Zahlen von Instituten und Einrichtungen in Forschung und Lehre bzw. den Bundesministerien bekannt, die sich mit Optogenetik beschäftigen?

Es wird auf die Antwort zu Frage 2 verwiesen.

13. Arbeitet die Bundesregierung an Strategien, die den Fokus auf die Ausbildung technisch-versierter Forschungslehrkräfte legt?

    Entwickelt sie zusammen mit den Ländern und der Kultusministerkonferenz (KMK) neue Rahmenlehrpläne, die nicht nur moderne Lehrmethoden, sondern auch die Ausbildung von kompetenten Forschungslehrkräften in den Vordergrund rückt (bitte erläutern, wie die Pläne aussehen)?

    Wenn nein, warum nicht?

Nach der grundgesetzlichen Kompetenzverteilung obliegen entsprechende Maßnahmen den Ländern und nach Maßgabe landesrechtlicher Vorschriften den Hochschulen.

14. Welche Chancen sieht die Bundesregierung in der Anwendung von Optogenetik außerhalb der Medizin?

15. Fördert die Bundesregierung in den Bereichen der Optogenetik Initiativen und Projekte außerhalb der Medizin?

    Wenn ja, wie unterstützt sie diese?

    Wenn nein, warum nicht?

Die Fragen 14 und 15 werden im Zusammenhang beantwortet.

Die Optogenetik kann Anwendung in den Lebenswissenschaften (Neurowissenschaften, Pharmakologie (z. B. schaltbare Schmerzmodelle für eine bessere Wirkstoffentwicklung), Pflanzenphysiologie, Lebensmittelsicherheit und -qualität) und der Messtechnik (z. B. Umweltanalytik) finden. Im Falle der Hirnforschung kann das Verständnis der Funktionsweise des Gehirns indirekt die Möglichkeit eröffnen, neue Computerarchitekturen für die Künstliche Intelligenz zu entwickeln (Neuronales Computing, Postdigitale Computer).

Die Bundesregierung fördert im Rahmen der Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie einzelne Projekte, die außerhalb der Medizin liegen (siehe auch Antwort zu Frage 3). Im Bereich der Laborausstattung findet zudem eine Förderung statt, die sich nicht auf medizinische Anwendungen beschränkt und applikationsübergreifende Wirkung entfaltet.

In welchen Anwendungsfeldern und Industriebereichen – neben der Medizin – die neue Technologie gewinnbringend eingesetzt werden kann, beginnt sich allerdings erst abzuzeichnen.

16. Welches Ziel bzw. welche Ziele verfolgt die Bundesregierung im Forschungs- und Anwendungsbereich der Optogenetik?

Ziel der Unterstützung neuer technologischer Bereiche wie der Optogenetik ist es, ihr Potenzial für Menschen und Gesellschaft zu nutzen. Auch ist die Bundesregierung bestrebt, langfristig die wirtschaftliche Verwertung der Technologie zu befördern.

Anwendungen in der Medizin sind aufgrund bislang nur weniger Humanstudien und den Zulassungsbestimmungen nur in wenigen Fällen schon relevant. Hier gilt es, in ausgewählten Anwendungen die grundsätzliche Machbarkeit aufzuzeigen. Dies war Inhalt des vom BMBF geförderten Projekts „Lichthören zu optischen Cochleaimplantaten“, welches zum Nachfolgeprojekt „Optical-CI“ führte, bei dem sich bereits ein KMU als Hersteller von Hörimplantaten assoziiert beteiligte. Die Ergebnisse der Arbeiten werden aktuell als Exponat im InnoTruck der breiten Öffentlichkeit vorgestellt (siehe auch Antwort zu Frage 19).

Im Bereich der Laborforschung oder der Umweltanalytik sind die Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Nutzung bereits gegeben, da sich durch die Verbreiterung der Forschungslandschaft auch ein wachsender Bedarf an spezialisierten Werkzeugen und Ausrüstung ergibt.

17. Ist die Bundesregierung der Auffassung, dass Forschung und Entwicklung der Optogenetik gesetzlich geregelt sein sollten?

18. Ist die Bundesregierung der Auffassung, dass Entwicklung und Anwendung von Optogenetik-Produkten gesetzlich geregelt sein sollten?

Die Fragen 17 und 18 werden im Zusammenhang beantwortet.

Grundsätzlich sind alle Innovationen, so auch die der Optogenetik, daraufhin zu prüfen, welche Chancen ihre Entwicklung und Anwendung zum Schutz der Gesundheit oder einer verbesserten Gesundheitsversorgung bieten und welche Risiken ggf. entstehen. Sofern nötig, könnten gesetzliche Regelungen angezeigt sein, um die Chancen zu nutzen und die Risiken zu minimieren.

Grundlage für Forschung und Entwicklung sind die grundgesetzlich garantierte Forschungsfreiheit sowie die für die jeweiligen Anwendungsfelder geltenden gesetzlichen Regelungen. Dazu gehören im Fall der Optogenetik u. a. das Medizinproduktegesetz, das Gentechnikgesetz oder das Strahlenschutzgesetz. Werden Entwicklungen in klinischen Studien geprüft, sind darüber hinaus weitere Regularien zu beachten, z. B. die international harmonisierte ICH-GCP-Leitlinie (ICH: International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use; GCP: Good Clinical Practice). Insgesamt steht ein umfangreiches Regelwerk zur Verfügung.

19. Wie möchte die Bundesregierung sicherstellen, dass die Bürgerinnen und Bürger über Möglichkeiten und Fortschritte im Bereich der Optogenetik informiert werden und sich keine Vorbehalte gegen diese Technologie bilden?

    Wird es einen Bürgerdialog zu diesem Thema geben?

    Werden allein die Krankenkassen (GKV/PKV) dafür Sorge tragen, dass ihre Kunden hinreichend über Optogenetik, deren Therapiemöglichkeiten und Kosten informiert werden?

Optogenetik ist eines von unterschiedlichen medizintechnischen Verfahren und wird daher in diesem Zusammenhang adressiert. Medizintechnik gehört zu den Themen im Handlungsfeld „Gesundheit und Pflege“ der Hightech-Strategie 2025 der Bundesregierung. Die Hightech-Strategie beinhaltet eine aktive Wissenschaftskommunikation und Partizipation. Ziel ist, Bürgerinnen und Bürger frühzeitig zu informieren und einzubeziehen.

Im Bereich der Projektförderung des BMBF wird u. a. durch eine begleitende Öffentlichkeitsarbeit informiert. So wird zurzeit im InnoTruck ein Exponat zum „Hören mit Licht, Chancen der Optogenetik für hörbehinderte Menschen“ präsentiert, das auf dem in der Antwort zu Frage 16 genannten Vorhaben basiert. Zudem informiert die Bunderegierung über Projekte der Optogenetik und deren Inhalte im Internet unter www.photonikforschung.de.

Bei zukünftigen Anwendungen in der Therapie erfolgt die Information der Versicherten über mögliche Behandlungsmöglichkeiten im Einzelfall in erster Linie durch die behandelnden Ärztinnen und Ärzte. Darüber hinaus informieren auch die Krankenkassen allgemein zu den von ihnen übernommenen Therapien.

20. In welchen Industriebereichen sieht die Bundesregierung den größten Einfluss von Optogenetik?

Es wird auf die Antwort zu den Fragen 14 und 15 verwiesen.

21. Ist der Bundesregierung bekannt, an welchen Standorten in Deutschland und mit welchen inhaltlichen Schwerpunkten der einzelnen Forschungsvorhaben geforscht, gelehrt und entwickelt wird?

    Wenn ja, bitte auflisten, und wenn nein, warum nicht?

Es wird auf die Antwort zu Frage 2 verwiesen.

22. Ist die Bundesregierung der Auffassung, dass Deutschland durch Forschung und Weiterentwicklung der Optogenetik zu einem der bedeutendsten Optogenetik-Standorte oder Global Player werden kann?

    Hat sie Vorbehalte gegenüber dieser recht neuen Technologie?

Es wird auf die Antworten zu den Fragen 10, 14 und 15 verwiesen.

23. Gibt es nach Kenntnis der Bundesregierung Forschungsvorhaben und Projekte, welche Optogenetik und künstliche Intelligenz (KI) kombinieren?

    Wenn ja, auf welchem Forschungsniveau befinden sich diese derzeit?

    Welche Schlussfolgerungen zieht die Bundesregierung aus den Forschungsergebnissen (bitte darlegen)?

Hierzu liegen der Bundesregierung keine Angaben vor. Prinzipiell kann Künstliche Intelligenz zur Auswertung großer Datenmengen in verschiedensten Anwendungsbereichen eingesetzt werden. Auch in der Optogenetik können Methoden der Künstlichen Intelligenz zu einer effektiveren Analyse der anfallenden Daten beispielsweise in der Bildverarbeitung beitragen.



Satz: Satzweiss.com Print, Web, Software GmbH, Mainzer Straße 116, 66121 Saarbrücken, www.satzweiss.com
Druck: Printsystem GmbH, Schafwäsche 1-3, 71296 Heimsheim, www.printsystem.de
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlag GmbH, Postfach 10 05 34, 50445 Köln, Telefon (02 21) 97 66 83 40, Fax (02 21) 97 66 83 44, www.betrifft-gesetze.de
ISSN 0722-8333